

Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben *Nata de Coco*

Zian, Ita Ulfin, dan Harmami

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: itau@chem.its.ac.id

Abstrak—Adsorpsi remazol violet 5R menggunakan adsorben *nata de coco* telah diteliti. Adsorben *nata de coco* berukuran 30-40 mesh memiliki kadar air 0,66%, luas permukaan 1,662 m²/g, volume pori 0,002 cm³/g, dan diameter pori 3,442 nm. Adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* dan faktor yang diteliti ialah pengaruh waktu kontak. Hasil optimasi waktu kontak pada proses adsorpsi remazol violet 5R menggunakan adsorben *nata de coco* terjadi pada menit ke-90 dengan remazol violet 5R yang teradsorpsi sebesar 75,66% dan kapasitas adsorpsi adsorben sebesar 7,45 mg/g.

Kata Kunci—adsorpsi; *nata de coco*; remazol violet 5R.

I. PENDAHULUAN

Polusi air merupakan salah satu masalah lingkungan yang paling tidak diinginkan di dunia dan membutuhkan solusi untuk mengatasinya. Industri tekstil menghasilkan banyak limbah yang berisi sejumlah kontaminan, seperti senyawa beracun dan pewarna yang berbeda. Banyak dari pewarna sintetik yang berbahaya dan dapat mempengaruhi kehidupan air yang menyebabkan berbagai gangguan kesehatan dan penyakit [1]. Karena struktur kimianya, zat warna sintetik tahan terhadap paparan cahaya, air, dan bahan kimia, sehingga, sulit untuk terdegradasi ketika dilepaskan ke lingkungan perairan [2].

Salah satu zat warna sintetik yang banyak digunakan dalam industri tekstil adalah zat warna remazol, yaitu remazol violet 5R. Zat warna remazol violet 5R merupakan zat warna reaktif dari golongan azo [3]. Zat warna azo banyak dicirikan oleh adanya satu atau lebih ikatan azo (-N=N-) dengan cincin aromatik [4]. Zat warna remazol banyak digunakan karena sifatnya yang mudah larut dalam air dan tidak terdegradasi pada kondisi aerob biasa [5]. Ketahanan senyawa remazol violet 5R terhadap perubahan pH, suhu dan mikroba, menjadikan remazol sebagai bahan kimia sintesis yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengelolaan dan pengolahan secara komprehensif. Air limbah zat warna remazol dapat mengakibatkan beberapa gangguan kesehatan, dari penyakit kulit ringan hingga kanker kulit [6].

Dalam satu dekade terakhir, serat selulosa sebagai matriks polimer telah berkembang pesat [7]. Hal ini disebabkan karena selulosa memiliki sifat mekanik yang baik, densitas yang rendah, ramah lingkungan, berlimpah, tidak mahal, tidak beracun, mudah didegradasi, dan termasuk ke dalam sumber daya alam

yang dapat diperbaharui. Serat selulosa dapat dihasilkan dari tanaman, hewan laut, dan bakteri [8].

Berbagai teknik telah digunakan untuk mengurangi kadar zat warna dari air limbah. Saat ini, metode pengolahan limbah zat warna secara konvensional seperti koagulasi [9], degradasi mikroba [10], oksidasi kimia [11], dan *electrofloculation* [12]. Namun proses ini biasanya memerlukan fasilitas yang memadai dengan biaya pemeliharaan yang tinggi. Adsorpsi telah terbukti menjadi prosedur yang efektif untuk mengurangi kadar berbagai polutan dari air dan juga merupakan salah satu teknologi alternatif yang paling ekonomis untuk pengolahan limbah yang tercemar pewarna [13].

Penggunaan selulosa sebagai adsorben telah banyak digunakan, seperti selulosa daun nanas sebagai adsorben zat warna Procion Red Mx 8b [14] dan logam berat Cd (II) [15]; selulosa kulit kacang tanah sebagai adsorben zat warna tekstil *Direct Blue* 86 [16]; selulosa serbuk kayu untuk adsorpsi Mn²⁺ [17]; dan selulosa bakteri-g-poli-(acid akrilik) sebagai adsorben metilen biru [18].

Adsorben lain yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi salah satunya ialah selulosa bakterial *nata de coco*. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *nata de coco* dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi kadar Ca dan Mg (penyebab kesadahan) [19] serta logam Cr (III) [20]. Selain itu *nata de coco* juga dapat digunakan sebagai membran untuk pengolahan limbah zat warna [21] dan pengikatan terhadap ion Cu²⁺ [22].

Nata de coco merupakan selulosa yang dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* pada proses fermentasi air kelapa. *Nata* adalah biomassa yang sebagian besar terdiri dari selulosa, berbentuk agar dan berwarna putih. Massa ini berasal dari pertumbuhan *Acetobacter xylinum* pada permukaan media cair yang asam dan mengandung gula [20]. Selain itu, *nata* juga dapat dibuat dari fermentasi rebung bambu (*nata de bamboo*) dan manisa (*nata de chayote*) dengan memanfaatkan aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum* [23].

Air kelapa merupakan hasil samping pengolahan kelapa yang belum banyak dimanfaatkan dan banyak dibuang sebagai limbah. Penanganan limbah air kelapa bertujuan agar menambah nilai tambah secara ekonomi sekaligus menangani limbah air kelapa tersebut. Air kelapa dapat dimanfaatkan sebagai substrat menghasilkan *nata de coco* karena mengandung gula sukrosa 1,28%, mineral Mg²⁺ 3,54 gr/L, faktor

pendukung pertumbuhan (*growth promoting factor*) untuk *Acetobacter xylinum* [24],[25].

Berdasarkan penelitian sebelumnya diperoleh hasil bahwa *nata de coco* dapat menjadi salah satu alternatif sumber bahan baku selulosa. Pemanfaatan *nata de coco* sebagai alternatif bahan baku selulosa memiliki beberapa keuntungan, yaitu: pemanfaatan limbah buangan air kelapa, pembuatannya mudah dan murah, dan bersifat *biodegradable* (dapat diuraikan oleh mikroba) [20]. Pemanfaatan *nata de coco* sebagai adsorben untuk mengurangi kadar zat warna pada limbah tekstil masih belum banyak digunakan. Sehingga pada penelitian ini penulis akan membahas tentang butiran *nata de coco* sebagai adsorben untuk mengurangi kadar zat warna remazol violet 5R menggunakan metode *batch*.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Instrumentasi yang digunakan untuk karakterisasi dalam penelitian ini yaitu *Fourier Transform Infrared Spectrophotometer* (FTIR) 8400S Shimadzu dan UV-Vis *Genesys 10S*. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu remazol violet 5R komersial dan limbah tekstil yang diperoleh dari salah satu industri pewarnaan batik tulis di Desa Sendangagung, Paciran, Lamongan, serta HCl dan NaOH untuk mengatur pH.

B. Pembuatan Adsorben *Nata de Coco*

Air kelapa yang telah disaring, kemudian dididihkan dan ditambahkan gula pasir dan urea dengan perbandingan air kelapa : gula : urea (250 : 25 : 1) sambil diaduk hingga larut seluruhnya. Larutan diangkat dari pemanas dan didinginkan hingga suhu ruang. Kemudian cuka dapur ditambahkan sedikit demi sedikit hingga larutan menjadi pH 4. Larutan dan bibit *nata de coco* (biakan bakteri *Acetobacter xylinum*) dengan perbandingan 10 : 1 dimasukkan ke dalam cetakan plastik dan ditutup dengan koran, lalu difermentasi selama 7 hari [19]. Setelah 7 hari, lapisan *nata de coco* yang telah terbentuk diambil, dicuci dan direndam dengan aquades satu hingga dua kali sehari hingga *nata* bersih, serta diukur pH.

Nata de coco hasil pencucian ditekan menggunakan mesin press dengan tekanan 250 kgf.cm⁻¹. Setelah itu dikeringkan dalam oven pada 80 °C selama 30 menit. *Nata de coco* yang telah kering dihancurkan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 30-40 mesh. *Nata de coco* yang lolos ayakan 30 mesh dan tidak lolos ayakan 40 mesh akan digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

C. Karakterisasi

Analisis gugus fungsi adsorben *nata de coco* dilakukan menggunakan alat *Fourier Transform Infrared* pada bilangan gelombang 400-4000 cm⁻¹. Sedangkan untuk analisa kadar air *nata de coco* dan adsorben *nata de coco* dengan menggunakan metode gravimetri, dan analisa pori adsorben menggunakan BJH *adsorption*.

D. Percobaan Adsorpsi

Percobaan adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* pada suhu kamar (25 °C). Adsorben *nata de coco* dengan

dosis 10 g/L ditambahkan pada larutan remazol violet 5R 100 mg/L yang telah diatur pH 3 dengan menambahkan HCl 1 M atau NaOH 0,1 M dalam botol vial 50 mL. Kemudian botol vial ditutup dan diaduk dengan pengaduk magnet dengan kecepatan 400 rpm. Variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Setelah itu, campuran didekantasi dan filtrat dimasukkan ke dalam tabung sentrifus. Kemudian filtrat disentrifus dengan kecepatan 6000 rpm selama 15 menit. Supernatan yang telah bening diukur remazol violet 5R yang tidak teradsorpsi menggunakan UV-Vis pada panjang gelombang 559 nm, serta dihitung kapasitas adsorpsinya.

III. HASIL DAN DISKUSI

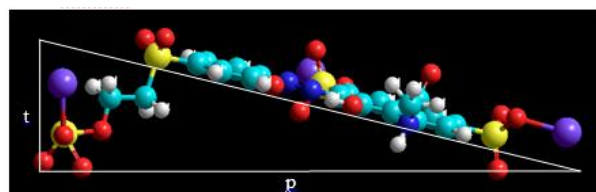
A. Pembuatan Adsorben *Nata de Coco* dan Karakterisasi

Selulosa *nata de coco* dibuat dari fermentasi air kelapa dengan bantuan bakteri biakan *Acetobacter xylinum*. Pada proses pembuatannya juga ditambahkan gula pasir sebagai sumber karbon dan urea sebagai sumber nitrogen dengan perbandingan air kelapa : gula : urea (250 : 25 : 1). Proses fermentasi digunakan pH 4 dengan menambahkan cuka komersial karena pH 4 merupakan pH optimum pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* [26].

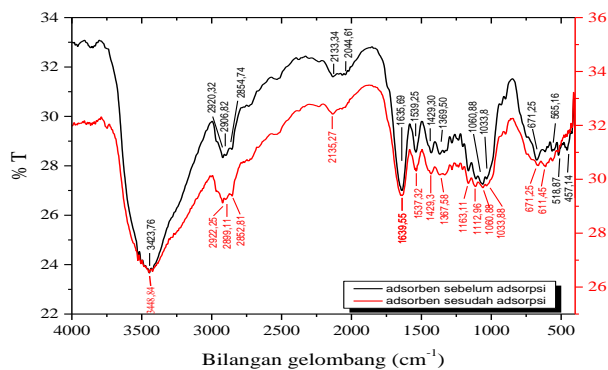
Luas permukaan, volume pori, dan diameter pori adsorben *nata de coco* ditentukan dari analisa BJH (Barrett-Joyner-Halenda) terhadap adsorpsi nitrogen pada suhu 77,35 K menggunakan NOVA 1200e *Surface Area and Pore Size Analyzer, Quantachrome Instruments*. Hasil yang didapatkan, adsorben *nata de coco* memiliki luas permukaan 1,662 m²/g, volume pori 0,002 cm³/g, dan diameter pori 3,442 nm.

Berdasarkan Gambar 1 yang diambil dari *software hyperchem 8.03*, didapatkan panjang molekul remazol violet 5R 2,1447 nm, tinggi 0,5421 nm, dan penampang lintang 2,2121 nm. Penampang lintang molekul remazol violet 5R lebih kecil dibandingkan diameter pori adsorben *nata de coco*, sehingga memungkinkan molekul remazol violet 5R dapat masuk ke dalam pori adsorben pada saat proses adsorpsi.

Pada penelitian ini dilakukan uji nilai kadar air *nata de coco* dan adsorben *nata de coco* dengan metode gravimetri. Kadar air *nata de coco* dengan waktu fermentasi selama 7 hari sebesar 99,29%, sedangkan kadar air pada adsorben *nata de coco* sebesar 0,66%.



Gambar 1. Struktur 3D remazol violet 5R (tampak samping)



Gambar 2. Spektrogram FTIR adsorben *nata de coco* sebelum dan sesudah proses adsorpsi.

Analisa gugus fungsi pada adsorben *nata de coco* dilakukan pada adsorben yang belum dan telah digunakan untuk adsorpsi remazol violet 5R. Adsorben yang telah digunakan untuk proses adsorpsi dikeringkan menggunakan *freeze dryer* tanpa proses pencucian. Hasil identifikasi gugus fungsi pada adsorben *nata de coco* sebelum proses adsorpsi pada Gambar 2 menunjukkan adanya serapan yang khas dari selulosa pada bilangan gelombang $3423,76 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus hidroksil (O-H ulur). Bilangan gelombang $1319,35\text{-}1060,88 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur gugus eter (C-O) pada daerah sidik jari yang merupakan penghubung rantai karbon dalam senyawa selulosa [27].

Bilangan gelombang $2920,32 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi C-H ulur yang merupakan kerangka pembangun struktur selulosa [28]. Sedangkan pada bilangan gelombang $1429,30\text{-}1282,71 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi lentur C-H untuk $-\text{CH}_2-$ [20]. Gugus lain yang teridentifikasi ialah O-H tekuk pada bilangan gelombang $1635,69 \text{ cm}^{-1}$ [28] dan gugus $-\text{O}-$ yang merangkai $-\text{CH}_2$ pada selulosa terlihat pada bilangan gelombang sekitar $1369,5 \text{ cm}^{-1}$ [29].

Hasil identifikasi gugus fungsi pada adsorben *nata de coco* sesudah proses adsorpsi pada Gambar 2 tidak menunjukkan perbedaan serapan yang jauh berbeda dengan adsorben *nata de coco* sebelum adsorpsi. Akan tetapi, terdapat pergeseran bilangan gelombang ke bilangan gelombang yang lebih besar ($3423,76 \text{ cm}^{-1}$ ke $3448,84 \text{ cm}^{-1}$) untuk vibrasi regang O-H. Hal ini diduga karena berkurangnya interaksi antar molekul selulosa, terutama ikatan hidrogen antar molekul selulosa dan ikatan hidrogen pada molekul selulosa itu sendiri. Berdasarkan hasil identifikasi gugus pada adsorben *nata de coco* sesudah proses adsorpsi juga dapat diketahui bahwa tidak terjadi ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat, meskipun diketahui molekul adsorbat dapat masuk ke dalam pori adsorben. Hal ini menunjukkan bahwa molekul adsorbat hanya menempel pada permukaan adsorben tanpa membentuk ikatan kimia.

B. Percobaan Adsorpsi

Waktu kontak merupakan salah satu parameter yang penting dalam proses adsorpsi. Waktu kontak berkaitan dengan laju reaksi yang dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi terhadap waktu. Penentuan waktu kontak digunakan untuk menentukan waktu pengadukan optimum selama proses adsorpsi metode *batch* sehingga adsorben dapat mengadsorpsi adsorbat hingga batas

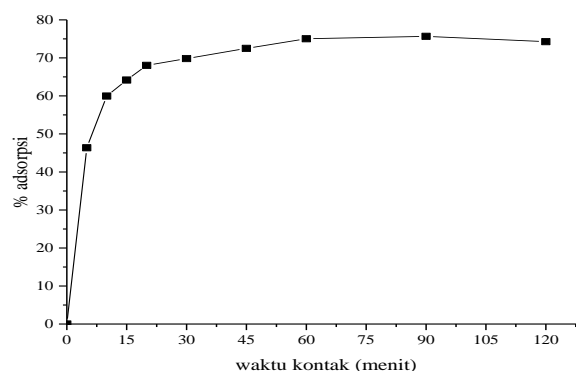
maksimal [30].

Hasil remazol violet 5R yang teradsorpsi pada variasi waktu kontak 0-120 menit ditunjukkan pada Gambar 3. Pada gambar 3 terlihat bahwa terjadi peningkatan adsorpsi yang cukup besar pada awal waktu kontak 10-20 menit dan cenderung konstan diatas 60 menit. Penyerapan optimum remazol violet 5R terjadi pada menit ke-90 dengan jumlah adsorbat yang terserap sebesar 75,66%.

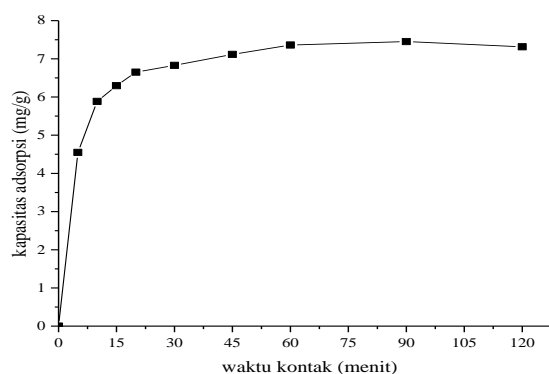
Hasil kapasitas adsorpsi adsorben *nata de coco* dalam mengadsorpsi remazol violet 5R dengan konsentrasi awal 100 mg/L pada pH 3 ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan kapasitas adsorpsi adsorben *nata de coco* meningkat cukup besar pada waktu kontak 10-20 menit dan cenderung konstan diatas 60 menit. Kapasitas adsorpsi optimum adsorben terjadi pada menit ke-90 dengan kapasitas sebesar $7,45 \text{ mg/g}$.

Pada awal waktu kontak, adsorpsi berlangsung cepat karena sisi aktif pada adsorben masih cukup banyak sehingga frekuensi terjadinya ikatan dengan molekul adsorbat cukup tinggi [21]. Dengan bertambahnya waktu kontak, jumlah adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben semakin meningkat hingga tercapai titik setimbang. Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang terlalu lama dapat menyebabkan kondisi adsorben menjadi jenuh dan adsorbat menjadi terlepas **Error!**

Reference source not found..



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak terhadap % adsorpsi remazol violet 5R menggunakan adsorben *nata de coco*. ($m = 10 \text{ g/L}$, $C = 100 \text{ mg/L}$, $V = 15 \text{ ml}$, pH 3)



Gambar 4. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi adsorben *nata de coco*. ($m = 10 \text{ g/L}$, $C = 100 \text{ mg/L}$, $V = 15 \text{ ml}$, pH 3)

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa adsorpsi remazol violet 5R menggunakan adsorben *nata de coco* optimum pada menit ke-90 dengan konsentrasi awal 100 mg/L , pH 3,

dan dosis adsorben 10 g/L. Remazol violet 5R yang teradsorpsi pada adsorben *nata de coco* sebesar 75,66% dengan kapasitas adsorpsi adsorben sebesar 7,45 mg/g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ketua jurusan Kimia, ketua laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik, para dosen Kimia dan para analis atas bantuannya selama penelitian. Terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang setia memberi dukungan dan doa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] McKay, G., Sweeney, A.G. (1980) "Principles of Dye Removal from Textile Effluent," *Water, Air, and Soil Pollution* 14, 3–11.
- [2] Vieira, A.P., Santana, S.A.A., Bezerra, C.W.B., Silva, H.A.S., Chaves, J.A.P., de Melo, J.C.P., da Silva Filho, E.C., Airoidi, C. (2009) "Kinetics and Thermodynamics of Textile Dye Adsorption from Aqueous Solutions Using Babassu Coconut Mesocarp," *Journal of Hazardous Materials* 166, 1272–1278.
- [3] Karmanto, Sulistya, R. (2014) "Elektrodekolorisasi Zat Warna Remazol Violet 5R Menggunakan Elektroda Grafit," *J. Kaunia X*, 11–19.
- [4] Jain, K., Shah, V., Chapla, D., Madamwar, D. (2012) "Decolorization and Degradation of Azo Dye–Reactive Violet 5R by an Acclimatized Indigenous Bacterial Mixed Cultures–SB4 Isolated from Anthropogenic Dye Contaminated Soil," *Journal of Hazardous Materials* 213–214, 378–386.
- [5] Pavlostathis, G. (2001) "Biological Decolorization and Reuse of Spent Reactive Dye Baths," Annual Report FY 01.
- [6] Sugiharto (1987) "Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah," Universitas Indonesia. Jakarta.
- [7] Nothingher, P., Panaitescu, D., Vuluga, Z., Lorga, M., Paven, H., Florea, D. (2006) "The Effect of Water on Electrical Properties of Polymer Composites with Cellulose Fibers," *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* 8, 687–689.
- [8] Anastasya, M. (2014) Studi Pendahuluan Mendapatkan Nanokristalin Selulosa Bakterial Menggunakan Media Limbah Cair Tahu," (Skripsi). Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [9] Elias, M.S., Zainal, Z., Hussein, M.Z., Taufiq, Y.H. (2001) "Penyingkiran Fenol Terlarut dalam Air Melalui Fotodegradasi Menggunakan Titanium Dioksida (TiO₂)," *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 7, 1–6.
- [10] Lourenço, N.D., Novais, J.M., Pinheiro, H.M. (2006) "Kinetic Studies of Reactive Azo Dye Decolorization in Anaerobic/Aerobic Sequencing Batch Reactors," *Biotechnol. Lett.* 28, 733–739.
- [11] Núñez, L., Hortal, J.A.G., Torrades, F. (2007) "Study of Kinetic Parameters Related to The Decolorization and Mineralization of Reactive Dyes from Textile Dyeing Using Fenton and Photo-Fenton Processes," *Dyes Pigment* 75, 647–652.
- [12] Yang, C., Mcgarrahan, J. (2005) "Electrochemical Coagulation for Textile Effluent Decolorization," *Journal of Hazardous Materials* 127, 40–47.
- [13] Dincer, A., Gunes, Y., Karakaya, N., Gunes, E. (2007) "Comparison of Activated Carbon and Bottom Ash for Removal of Reactive Dye from Aqueous Solution," *Bioresource Technology* 98, 834–839.
- [14] Hastuti, S., Mawahib, S.H., Setyoningsih (2012) "Pergunaan Serat Daun Nanas Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Red Mx 8b," *Jurnal EKOSAINS IV*, 41–47.
- [15] Handayani, A.W. (2010) "Pergunaan Selulosa Daun Nanas Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II)," (Skripsi). Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [16] Windasari, R. (2009) "Adsorpsi Zat Warna Tekstil Direct Blue 86 Oleh Kulit Kacang Tanah," (Tugas Akhir). Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- [17] Mohadi, R., Saputra, A., Hidayati, N., Lesbani, A. (2014) "Studi Interaksi Ion Logam Mn²⁺ dengan Selulosa dari Serbuk Kayu," *Jurnal Kimia* 8, 1–8.
- [18] Hakam, A., Rahman, I.A., Jamil, M.S.M., Othaman, R., Amin, M.C.I., Lazim, A.M. (2015) "Removal of Methylene Blue Dye in Aqueous Solution by Sorption on a Bacterial-g-Poly-(Acrylic Acid) Polymer Network Hydrogel," *Sains Malaysiana* 44, 827–834.
- [19] Sulistiyana, Ulfin, I. (2011) "Studi Pendahuluan Adsorpsi Kation Ca dan Mg (Penyebab Kسادahan) Menggunakan Selulosa Bakterial Nata de Coco dengan Metode Batch," (Prosiding Skripsi Semester Genap). Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [20] Afrizal (2008) "Selulosa Bakterial Nata De Coco sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr (III)," *Jurnal Gradien* 4, 308–313.
- [21] Ulfin, I., Widiastuti, N., Kusumawati, Y., Yatim Lailun Ni'mah, Farahnaz, R.R. (2012) "Studi Transport Zat Warna Metilen Biru, Gentian Violet, dan Congo Merah melalui Membran Nata De Coco," Prosiding Seminar Nasional Kimia, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, pp. 6–12.
- [22] Pisesidharta, E., Zulfikar, Kuswandi, B. (2002) "Preparasi Membran Nata de Coco-Etilendiamin dan Studi Karakterisasi Pengikatannya terhadap Ion Cu²⁺," (Tugas Akhir). Universitas Jember, Jember.
- [23] Sulistiyana, Kurniawan, F., Ulfin, I. (2014) Preparasi dan Karakterisasi Membran *Nata de bamboo* dan *Nata de chayote* serta Pengaruh Impregnasi Nano Partikel Emas.
- [24] Woodroof, J.G. (1970) "Coconuts: Production, Processing, Products," AVI Publishing Company.
- [25] Misgiyarta (2007) "Teknologi Pembuatan Nata de Coco," Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.
- [26] Novianti dan Hendrizon (2003) "Pembuatan Nata de Soya dari Limbah Cair Pabrik Tahu," Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, pp 9-19.
- [27] Silverstein, R.M., Webster, F.X., Kiemle, D.J., Bryce, D.L. (2015) "Spectrometric identification of organic compounds," Eight edition. Wiley, Hoboken, NJ.
- [28] Radiman, C.L., Yuliani, G. (2005) "Pergunaan Nata De Coco sebagai Bahan Membran Selulosa Asetat," Prosiding Simposium Nasional V, Himpunan Polimer Indonesia, Bandung, pp. 203–208.
- [29] Creswell, C.J., Runquist, O.A., Campbell, M.M. (1982) "Analisis Spektrum Senyawa Organik," 2nd ed. ITB Press, Bandung.
- [30] Muhdarina, Mohammad, A.W., Muchtar, A. (2010) "Prospektif lempung Alam Cengar sebagai Adsorben Polutan Anorganik di dalam Air: Kajian Kinetika Adsorpsi Kation Co (II)," reaktor 13, 81–88.
- [31] Zafira (2010) "Studi Kemampuan Lumpur Alam untuk Menurunkan Konsentrasi Flourida dalam Air Limbah Industri Pupuk," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.